Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, Spring 2024, p. 51-65

The Effect of Application of Some Nitrogen Fertilizers along with Different Levels of Potassium Sulfate and Humic Acid on Growth Rate, Yield and Photosynthetic Pigments of Pistachio Badami Sefid-e-Mahvalat Variety

A. Heydari[1], S. Daghighi[2], F. Azarmi-Atajan[3*]

1 and 2- Graduated M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.
3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: farhadazarmi@birjand.ac.ir)

Received:	26-04-2022	**How to cite this article:**
Revised:	12-12-2022	Heydari, A., Daghighi, S., & Azarmi-Atajan, F. (2024). The effect of application of some nitrogen fertilizers along with different levels of potassium sulfate and humic acid on growth rate, yield and photosynthetic pigments of pistachio Badami Sefid-e-Mahvalat variety. *Journal of Horticultural Science*, *38*(1), 51-65. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2023.76344.1166
Accepted:	27-04-2023	
Available Online:	02-05-2023	

Introduction

Pistachio (*Pistacia vera* L.) is an important crop in Iran our country and has a unique position in export goods. The amount of pistachio production in Iran has decreased by 50% compared to 2017. The low yield of pistachios per unit area is due to the management problems of orchards, and among these, nutrition and fertilizer management is of special importance. Among the nutrients that are important in pistachio nutrition, especially when the brain is full, are nitrogen and potassium. Humic acid can also improve physical, chemical and biological soil properties and stimulate growth via its effects on plant metabolism.The aim of this study was to investigate the effect of application of some nitrogen fertilizers with different levels of potassium sulfate and humic acid on growth, yield and photosynthetic pigments of pistachio Badami Sefid-e-Mahvalat variety.

Materials and Methods

This research was conducted as a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications at the Mahvalat during 2019-2020. The first factor consisted of nitrogen fertilizers at 4 levels (control, urea, ammonium sulfate and ammonium nitrate). The second factor was potassium sulfate fertilizer at 2 levels of zero and 250 g per tree and the third factor was humic acid fertilizer at 2 levels of zero and 45 g per tree which as a manure pits after the formation of the cluster and at the same time with the growth of the bony shell in the shade of the tree where the capillary roots are active. At the end of the experiment, morphophysiological traits were measured and recorded. In each tree, three branches were selected in different directions and the length of the current branch was measured in meters using centimeters. The diameter of the middle of the branch was measured with a caliper. From the collected clusters, 100 fruits were randomly selected, and the number of indehiscence fruits and the number of blank fruits were counted and finally expressed as a percentage. Measurements of chlorophyll a and b, total chlorophyll and carotenoids were determined using Arnon method. The experimental data was analyzed by SAS software and the significant differences among the treatment were tested by LSD test.

Results and Discussion

The results of analysis of variance of data in two years of experiment showed that experimental treatments had a significant effect on pistachio growth and yield. The results of the first year showed that the combined treatment of urea and 250 g of potassium sulfate and 45 g of humic acid had the highest diameter and branch length, indehiscence

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.76344.1166

percentage, chlorophyll a, b and total and the lowest pistachio blank percentage. The highest yield in the first year was obtained from the combined use of ammonium sulfate, 250 g of potassium sulfate and 45 g of humic acid. Combined application of ammonium nitrate and 250 g of potassium sulfate and 45 g of humic acid resulted in the highest diameter and branch length in the second year of the experiment. The highest indehiscence percentage and carotenoids and the lowest amount of pistachio blank percentage in the second year were obtained from the combined treatment of ammonium sulfate, 250 g of potassium sulfate and 45 g of humic acid. Most chlorophyll a, b and total were obtained from combined consumption of urea, 250 g of potassium sulfate and 45 g of humic acid. The highest yield of the second year was obtained due to urea consumption, 250 g of potassium sulfate and 45 g of humic acid. Nitrogen is a component of amino acids, proteins, nucleic acids and enzymes and plays a major role in plant physiology, vegetative growth, chlorophyll formation and fruit and fruit production. Potassium is also one of the elements required by the plant that plays an important role in photosynthesis and transport of carbohydrates. The organic acids in humic acid cause the chelating of many nutrients and increase their availability to the plant. By using these substances and its positive and stimulating effects on plant growth and increasing root growth and its absorption power, nutrient uptake, yield is increased.

Keywords: Blank percentage, Chemical fertilizer, Pistachio Badami Sefid-e-Mehvalat variety, Plant nutrition, Yield

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸، شماره ۱، بهار ۱٤۰۳، ص. ٦٥-٥١

تأثیر کاربرد برخی از کودهای نیتروژنه به همراه سطوح مختلف سولفات پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و رنگدانه‌های فتوسنتزی پسته رقم 'بادامی سفید مه ولات'

اکرم حیدری[1]- سعید دقیقی[2]- فرهاد آذرمی آتاجان[3]*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۰۷

چکیده

عملکرد پایین پسته در واحد سطح به‌دلیل مشکلات مدیریتی باغات می‌باشد و در این میان مدیریت تغذیه و کوددهی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد برخی از کودهای نیتروژنه به همراه سطوح مختلف سولفات پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد، رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد پسته رقم 'بادامی سفید مه ولات' آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شهرستان مه ولات طی دو سال متوالی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ انجام شد. فاکتور اول شامل کودهای شیمیایی نیتروژنه در ۴ سطح (شاهد، اوره، سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم) بود. فاکتور دوم کود سولفات پتاسیم در ۲ سطح صفر و ۲۵۰ گرم به ازای هر درخت و فاکتور سوم کود اسید هیومیک در ۲ سطح صفر و ۴۵ گرم به ازای هر درخت بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها در دو سال آزمایش نشان داد تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد پسته داشتند. نتایج سال اول نشان داد که تیمار ترکیبی اوره و ۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم و ۴۵ گرم اسید هیومیک دارای بالاترین قطر و طول شاخه، خندانی، کلروفیل a، b و کل و کم‌ترین درصد پوکی بود. بیش‌ترین مقدار عملکرد در سال اول از مصرف توأم سولفات آمونیوم و ۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم و ۴۵ گرم اسید هیومیک به‌دست آمد. کاربرد توأم نیترات آمونیوم و ۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم و ۴۵ گرم اسید هیومیک منجر به بیش‌ترین قطر و طول شاخه در سال دوم آزمایش شد. بالاترین درصد خندانی و کاروتنوئید و کم‌ترین درصد پوکی در سال دوم از تیمار ترکیبی سولفات آمونیوم و ۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم و ۴۵ گرم اسید هیومیک به‌دست آمد. بیش‌ترین کلروفیل a، b و کل از مصرف توأم اوره و ۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم و ۴۵ گرم اسید هیومیک به‌دست آمد. بالاترین عملکرد سال دوم از تیمار مصرف اوره و ۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم و ۴۵ گرم اسید هیومیک حاصل شد. بنابراین براساس نتایج این تحقیق، استفاده همزمان از کودهای اوره (۳۰۰ گرم به ازای هر درخت) و سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم به ازای هر درخت) و اسید هیومیک (۴۵ گرم به ازای هر درخت) به‌عنوان مؤثرترین تیمارها در این آزمایش، می‌تواند نقش به‌سزایی در افزایش شاخص‌های رشدی، عملکرد و فیزیولوژیکی پسته داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: پسته رقم بادامی سفید مه ولات، تغذیه گیاهی، درصد پوکی، عملکرد، کود شیمیایی

مقدمه

پسته (*Pistacio vera* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات باغی کشور و از عمده‌ترین محصولات صادرات غیر نفتی است (Sedaghati *et al*., 2009). به‌علت نقش مهم پسته در صادرات و جایگاه آن به عنوان یکی از منابع تأمین ارز برداشتن قدم‌های مؤثر جهت افزایش بازده تولید و کیفیت این محصول ضروری به‌نظر می‌رسد (Razavi Nasab *et al*., 2017). همانند دیگر محصولات کشاورزی، افزایش عملکرد پسته در واحد سطح در صورتی امکان‌پذیر است که عامل‌های تولید در حد بهینه و مطلوب باشد. یکی از جنبه‌های ضعیف مدیریتی در مناطق پسته‌کاری کشور مدیریت تغذیه و کوددهی باغات یا به‌طور کلی مدیریت خاک و تغذیه گیاه است (Azarmi-Atajan & Sayyari-Zohan, 2022). نیازهای غذایی گیاه دارای جنبه‌های گوناگونی است که مهم‌ترین آن‌ها شناخت دقیق نیازها و مورد دیگر چگونگی مدیریت

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: farhadazarmi@birjand.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.76344.1166

این نیازها می‌باشد؛ تعیین نوع نیاز، مقدار نیاز، زمان نیاز و نحوه مصرف می‌باشد (Tabatabaei, 2014).

از جمله عناصر غذایی که در تغذیه پسته به‌ویژه زمان پر شدن مغز اهمیت دارد نیتروژن و پتاسیم هستند. نیتروژن از اجزای تشکیل دهنده اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌هاست و نقش عمده‌ای در فیزیولوژی گیاه، رشد رویشی، تشکیل کلروفیل و تولید میوه و دانه دارد. فرم نیتروژنی که برای تغذیه گیاه به کار می‌رود، نقش مهمی در رشد و تولید گیاه ایفا می‌کند (Roosta *et al*., 2009). آمونیوم، نیترات و اوره مهم‌ترین اشکال نیتروژن هستند که برای تغذیه گیاهان به‌کار می‌روند (Guelser, 2005). در زمان پرشدن دانه، درختان پسته در سال پر محصول ۳۵ درصد بیش‌تر از درختان سال کم‌بار نیتروژن جذب می‌کنند و میوه‌ها نیز ۹۰ درصد از کل نیتروژن جذب شده فصل رشد را مصرف می‌کنند (Beede, 2003). براساس نتایج آزمایش محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2013) کود آمونیومی در مقایسه با کود نیتراتی باعث افزایش محصول پسته شد. محققین دریافتند که بیش‌ترین میزان محصول رقم اوحدی، میزان خندانی و رشد رویشی زمانی حاصل شد که در شرایط دور آبیاری ۳۰ روز مقدار ۱۵۰۰ گرم کود نیتروژنه برای هر درخت در دو نوبت اوایل اسفند و تیر ماه استفاده گردید (Mohammadi Mohammadabadi *et al*., 2010).

پتاسیم نیز از جمله عناصر مورد نیاز گیاه می‌باشد که نقش مهمی در فتوسنتز و انتقال کربوهیدرات‌ها دارد. در گیاهانی که کمبود پتاسیم دارند، فرآیندهای مربوط به ATP (به‌عنوان انرژی متابولیکی) مانند فتوسنتز کاهش و تنفس افزایش می‌یابد. بنابراین سرعت رشد و نمو کاهش می‌یابد (Tavakoli & Pak Kish, 2015). بین غلظت پتاسیم برگ و عملکرد پسته نیز همبستگی مثبتی وجود دارد و بیش از ۹۰ درصد جذب پتاسیم توسط درخت در مرحله پر شدن مغز صورت می گیرد و به همین دلیل استفاده از پتاسیم در این مرحله به افزایش عملکرد، خندانی، وزن مغز و کاهش پوکی کمک می‌کند (Zeng *et al*., 1997).

اسید هیومیک یک ترکیب آلی است که در نتیجه پوسیدگی مواد آلی خاک، پیت، لیگنین و غیره به‌وجود می‌آید و برای افزایش تولید محصول و کیفیت آن به کار گرفته می‌شود (Gholami *et al*., 2018). اسید هیومیک به‌عنوان یکی از اجزاء اصلی مواد هیومیکی، دارای رنگ قهوه‌ای تیره و حاوی عناصر گوگرد، نیتروژن، فسفر، کلسیم، منیزیم، مس، روی و غیره می‌باشد (Nasuti Miandoab *et al*., 2011). مواد هومیکی به ابقا و نگه‌داشتن عناصر غذایی حاصل از مواد آلی و یا کودهای شیمیایی کمک می‌کنند (Asik *et al*., 2009).

کاربرد اسید هیومیک به‌ویژه در خاک‌های فقیر و خاک‌های آهکی-قلیایی، سبب بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول می‌شود (Pettit, 2004). سجادیان و حکم آبادی (Sajadian & Hokmabadi, 2015) گزارش کردند که تیمار هیومک اسید اثرات مثبتی بر روی رشد ریشه، شاخه و میزان نیتروژن برگ در دانهال‌های پسته رقم بادامی داشته است. به‌طوری‌که، تیمار هیومیک اسید باعث افزایش ارتفاع، فاصله میانگره‌ها، اندازه ریشه، قطر، وزن تر و خشک ریشه شده است.

به علت نقش مهم پسته در صادرات و جایگاه آن به‌عنوان یکی از منابع تأمین ارز، برداشتن قدم‌های مؤثر جهت افزایش بازده تولید و کیفیت این محصول ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین هدف از این تحقیق بررسی تأثیر کاربرد برخی از کودهای نیتروژنه به‌همراه سطوح مختلف سولفات پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و رنگیزه‌های فتوسنتزی پسته رقم مه ولات می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال متوالی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در استان خراسان رضوی، شهرستان مه ولات با مختصات جغرافیایی طول ۵۸ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض ۳۵ درجه و ۰ دقیقه شمالی و متوسط ارتفاع ۹۴۰ متر از سطح دریا اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌گیری از خاک محل مطالعه برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی خاک باغ پسته محل آزمایش

Table 1- Characteristics the soil of pistachio orchard

هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	pH	کلسیم Ca ($meq.l^{-1}$)	سدیم Na ($meq.l^{-1}$)	پتاسیم K ($meq.l^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	کربن آلی O.C (%)	بافت Texture
6.4	7.7	5.5	12.4	0.18	27.88	0.26	لومی Loamy

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی درختان بالغ پسته رقم بادامی سفید مه ولات انجام شد. فاکتور اول: انواع کودهای شیمیایی نیتروژنه در ۴ سطح شامل شاهد (بدون کود)، اوره (۳۰۰ گرم)، سولفات آمونیوم (۶۵۰ گرم) و نیترات آمونیوم (۲۰۰ میلی‌لیتر) برای هر درخت و فاکتور دوم: کود سولفات پتاسیم در ۲ سطح صفر (شاهد) و ۲۵۰ گرم برای هر درخت و فاکتور سوم: اسید هیومیک در ۲ سطح صفر (شاهد) و ۴۵ گرم برای هر درخت بودند که به صورت چالکود پس از تشکیل خوشه و همزمان با رشد پوسته استخوانی در سایه‌انداز درخت محل فعالیت ریشه‌های موئین استفاده شد. هر تیمار آزمایشی شامل ۹ درخت بود که درخت ابتدایی و انتهایی به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و ۳ درخت میانی برای نمونه برداری انتخاب شد. در انتهای آزمایش صفات مورفوفیزیولوژیکی اندازه گیری و ثبت شد. در هر درخت سه شاخه در جهات مختلف انتخاب شد و طول شاخه سال جاری با استفاده از متر بر حسب سانتی‌متر اندازه گیری شد. قطر وسط شاخه به‌وسیله کولیس اندازه‌گیری شد. برای محاسبه عملکرد از هر کرت سه درخت میانی انتخاب و کلیه خوشه‌ها جمع‌آوری و میانگین آن‌ها به‌عنوان عملکرد برای هر درخت بر حسب کیلوگرم ثبت گردید. عملکرد درخت اول و درخت آخر هر کرت برای حذف اثر حاشیه‌ای در نظر گرفته نشد. از بین خوشه‌های جمع‌آوری شده تعداد ۱۰۰ میوه به‌طور تصادفی انتخاب، و تعداد میوه‌های خندان و تعداد میوه‌های پوک شمارش و در نهایت به‌صورت درصد بیان شد. اندازه گیری مقادیر کلروفیل a و b، کلروفیل کل و کاروتنوئید با استفاده از روش آرنون (Arnon, 1967) تعیین شد. ابتدا مقدار نیم گرم از برگ های تازه وزن شد و در هاون چینی ریخته، با استفاده از نیتروژن مایع خرد و به‌طور کامل له شد. سپس به هر کدام از نمونه‌ها ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه قرار گرفت. میزان جذب در محلول رویی عصاره در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئید توسط اسپکتروفتومتر (Model Unico 2100, China) قرائت شد.

$$\text{Chl a}= (12.7\ A663 - 2.69\ A645) \times V/100$$
$$\text{Chl b}= (22.9\ A645 - 4.68\ A663) \times V/100$$
$$\text{Total Chl}= 20.2\ (A645) + 8.02(A663) \times V/1000W$$
$$\text{Carotenoide}= (1000\ A470-2.27\text{Chl a}-81.4\ \text{Chl b})/227$$

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

قطر شاخه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها در سال اول (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل مصرف کود نیتروژن و سولفات پتاسیم در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل مصرف کود نیتروژن و سولفات پتاسیم و اسید هیومیک در سطح احتمال پنج درصد بر قطر شاخه معنی دار بود. در سال دوم آزمایش اثر متقابل مصرف کود نیتروژن و اسید هیومیک در سطح آماری پنج درصد، اثر متقابل کود سولفات پتاسیم و اسید هیومیک در سطح آماری یک درصد و اثر متقابل مصرف کود نیتروژن و سولفات پتاسیم و اسید هیومیک در سطح آماری یک درصد بر قطر شاخه معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل مصرف نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال اول نشان داد که بیش‌ترین قطر شاخه به میزان ۵/۱۱ میلی‌متر از تیمار مصرف توأم اوره+ سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم)+ اسید هیومیک (۴۵ گرم) نسبت به تیمار شاهد حاصل شد. اثر متقابل مصرف نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال دوم نشان داد که تیمار مصرف توأم نیترات آمونیوم+ سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم)+ اسید هیومیک (۴۵ گرم) دارای بیش‌ترین قطر شاخه نسبت به تیمار شاهد بود (جدول ۳).

نیتروژن از جمله عنصرهایی است که در تغذیهٔ درختان پسته نقش مهمی دارد (Malakouti & Torabi, 1999). جذب نیتروژن در گیاهان با ریشه‌ها و به‌طور عمده به شکل نیترات و یا آمونیوم جذب می‌شود. نیتروژن دارای ترکیب‌های آمونیومی، نسبت به نیترات سریع تر جذب شده و انرژی کمتری برای جذب و ساخت (آسمیلاسیون) در گیاه نیاز دارد. تبدیل نیتروژنی (نیتریفیکاسیون) و جذب آمونیوم به وسیلهٔ گیاه باعث کاهش pH محیط شده و بر جذب بهتر دیگر مواد غذایی تأثیر می‌گذارد. همچنین نیتروژن آمونیومی موجب تأمین اسیدهای آمینه لازم برای تکامل رشد در اندام‌های مختلف گیاه می‌شود (Van Beusichem *et al.*, 1988). قاسم‌نژاد و همکاران (Qasemnejad *et al.*, 2008) در بررسی تأثیر نوع و مقدار نیتروژن بر رشد و ترکیب عناصر معدنی برگ سه پایه مرکبات گزارش کردند که در پایان دوره رشدی ۷ ماه بالاترین ارتفاع دانهال و بیشترین میانگین سطح برگ با کود سولفات آمونیوم و کم‌ترین آن‌ها با کود اوره به‌دست آمد. ولی نوع منبع کودی نتوانسته است اختلاف معنی‌داری را در قطر ساقه دانهال‌ها ایجاد کند. ولی بیش‌ترین قطر ساقه در تیمار نیترات آمونیوم مشاهده شد.

اسید هیومیک با کاهش استرس و تحریک رشد، باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌گردد و از این طریق اثر معنی‌داری بر رشد گیاه گذاشته و باعث افزایش سرعت نمو گیاه نیز می‌شود (Eyheraguibel

(et al., 2008). در نتایجی مشابه بیش‌ترین قطر ساقه پسته از مصرف خاکی اسید هیومیک به‌دست آمد (Razavi Nasab et al., 2017). حجاج و همکاران (Haggag et al., 2015) گزارش کردند که تیمار هیومات پتاسیم بر روی دانهال‌های انجیر رقم سفید (White Adci) اثرات مثبتی روی خصوصیات رویشی مانند ارتفاع دانهال، تعداد برگ، وزن خشک برگ نسبت به شاهد داشت. هیومات پتاسیم رشد دانهال های انجیر را با افزایش جذب مواد غذایی در دسترس گیاه و افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ‌ها از طریق ویژگی کلاته کنندگی عناصر تسریع می‌کند. اگرچه پتاسیم، تشکیل دهنده‌ی مولکول‌های کاربردی یا سازه‌های گیاهی نیست، اما در فرآیندهای متعدد بیوشیمیایی مانند فعال کردن آنزیم‌ها و فرآیندهای فیزیولوژیک حیاتی از جمله آماس سلول و تنظیم فرآیندهای متعدد بیوشیمیایی مانند فعال کردن آنزیم‌ها و فرآیندهای فیزیولوژیک حیاتی از جمله آماس سلول و تنظیم حرکت روزنه‌ها برای رشد بوته و عملکرد نقش مهمی ایفا می-کند (Cakmak, 2005 ;Marschner, 2012). و از این طریق توانسته قطر شاخه پسته را افزایش دهد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات رویشی و عملکردی پسته رقم 'بادامی سفید مه ولات' تحت تأثیر غلظت‌های مختلف نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

Table 2- ANOVA for the effect of different concentrations of Nitrogen, Potassium sulfate and Humic acid on the vegetative and yield traits of pistachio cv. Badami Sefid-e-Mahvalat in 2019 and 2020

سال Year	منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares				
			قطر شاخه Branch diameter	طول شاخه Branch length	عملکرد Yield	درصد خندانی Indehiscence percentage	درصد پوکی Blankness percentage
1398 2019	بلوک Block	2	0.05 ^{ns}	3.51^{ns}	24.14*	58.14^{ns}	17.06^{ns}
	نیتروژن Nitrogen (N)	3	0.81**	4.77*	44.39**	103.96 *	70.90*
	سولفات پتاسیم Potasium Sulfate (S)	1	2.82**	26.70**	184.86**	315.18**	595.02**
	اسید هیومیک Humic acid (H)	1	1.54**	35.43**	103.78**	157.68*	123.52*
	N×S	3	0.13 **	1.25^{ns}	1.18^{ns}	33.85^{ns}	19.68^{ns}
	N×H	3	0.02^{ns}	4.39*	2.45^{ns}	27.24^{ns}	6.74^{ns}
	S×H	1	0.03^{ns}	6.09*	5.58^{ns}	13.02^{ns}	31.68^{ns}
	N×S×H	3	0.08*	1.32^{ns}	1.29^{ns}	2.68^{ns}	5.24^{ns}
	خطا Error	30	0.02	1.54	5.76	30.90	21.37^{ns}
	ضریب تغییرات C.V (%)	-	3.57	12.15	26.80	7.48	21.19
1399 2020	بلوک Block	2	0.02^{ns}	0.90^{ns}	65.88^{ns}	11.31^{ns}	19.56^{ns}
	نیتروژن Nitrogen (N)	3	0.80**	12.34**	220.73**	138.18^{ns}	109.91**
	سولفات پتاسیم Potasium Sulfate (S)	1	3.87**	33.55**	1532.95**	540.02**	705.33**
	اسید هیومیک Humic acid (H)	1	3.36**	37.47**	932.80**	285.18*	114.08*
	N×S	3	0.12 ^{ns}	0.20^{ns}	86.53*	18.79^{ns}	22.38^{ns}
	N×H	3	0.17*	3.03^{ns}	10.30^{ns}	6.74^{ns}	2.47^{ns}
	S×H	1	0.34**	0.48^{ns}	98.55^{ns}	22.68^{ns}	1.33^{ns}
	N×S×H	3	0.40**	1.69^{ns}	10.16^{ns}	5.68^{ns}	18.50^{ns}
	خطا Error	30	0.05	1.56	26.89	54.93	21.18
	ضریب تغییرات C.V (%)	-	4.51	11.69	24.11	11.07	21.28

**و*: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری

** and *: Significant at 1% and 5% of probability levels, respectively, and ^{ns}: Non-significant

جدول ۳- اثر سه‌گانه مصرف نیتروژن × سولفات پتاسیم × اسید هیومیک بر صفات رویشی و عملکردی پسته رقم بادامی سفید مه ولات در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

Table 3- Triple effects of Nitrogen × Potasium sulfate × Humic acid on vegetative and yield traits of pistachio cv. Badami Sefid-e-Mahvalat in 2019 and 2020

سال Year	انواع کود نیتروژنه Nitrogen forms	سولفات پتاسیم Potassium sulfate (g)	اسید هیومیک Humic acide (g)	پوکی Blankness (%)	خندانی Indehiscence (%)	عملکرد Yield (kg.tree^{-1})	طول شاخه Branch length (mm)	قطر شاخه Branch diameter (mm)
1398 2019	شاهد Control	0	0	3.54 j	6.64 f	4.05 h	66.66 e	32 a
			45	3.88 ghi	10.5 abcd	5.81 fgh	74 bcde	24 bcd
		250	0	3.86 hi	9.87 bcde	6.55 efgh	69.33 cde	23.33 bcd
			45	3.98 gh	11 abc	9.29 bcdef	76 abcd	21.33 bcdef
	اوره Urea	0	0	3.96 ghi	8.39 ef	5.02 gh	72 cde	28 ab
			45	4.10 fgh	12.49 a	7.73 defgh	74 bcde	22.33 bcde
		250	0	4.41 cd	10.74 abcd	8.82 cdefg	84.33 a	14.66 ef
			45	5.11 a	12.53 a	12.59 abc	81.66 ab	14 f
	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	0	0	3.73 ij	9.12 cde	7.41 defgh	70.66 cde	25 abc
			45	4.13 efg	10.59 abcd	9.88 bcde	75.66 abcde	21 bcdef
		250	0	4.28 def	10.24 bcde	10.04 bcde	75.66 abcde	19 cdef
			45	4.65 bc	10.94 abcd	15.75 a	78.33abc	16.33 def
	نیترات آمونیوم Nitrate ammonium	0	0	3.94 ghi	8.88 de	6.96 efgh	68 de	26 abc
			45	4.28 def	9.17 cde	9.05 cdef	72.33 cde	24.33 abc
		250	0	4.35 de	10.99 abc	11 bcd	72.66 bcde	19.33 cdef
			45	4.81 b	11.4 ab	13.27 ab	76.33 abcd	18.33 cdef
1399 2020	شاهد Control	0	0	4.17 g	7.43 g	9.52 g	59.66 d	29.66 a
			45	4.76 ef	9.44 efg	13.47 fg	62.66 bcd	25.33 abc
		250	0	4.83 ef	10.05 cdef	14.78 efg	63.66 bcd	25 abcd
			45	5.04 de	9.91 def	24.49 cd	66.66 bcd	22.66 abcdef
	اوره Urea	0	0	4.67 ef	8.96 fg	12.67 fg	62 cd	28.33 ab
			45	4.94 de	11.41 bcde	18.52 efd	65.66 bcd	20.66 bcdefg
		250	0	4.94 de	10.24 cdef	26.32 bcd	70 abcd	15.33 fgh
			45	5.93 ab	14.2 a	43.09 a	75 ab	14.66 gh
	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	0	0	4.52 fg	9.42 efg	15.27 efg	64.33 bcd	23.33 abcde
			45	4.88 def	11 bcde	22.32 cde	68.66 abcd	22.66 abcdef
		250	0	5.43 c	11.2 bcde	24.41 cd	71.66 abcd	17.33 defgh
			45	5.61 bc	12.1 bc	34.25 b	79.33 a	12.33 h
	نیترات آمونیوم Nitrate ammonium	0	0	5.03 de	9.69 def	14.06 efg	61.33 cd	27.33 ab
			45	5.25 cd	11.53 bcd	21 def	64.33 bcd	26.33 abc
		250	0	4.79 ef	11.51 bcde	19.75 def	63.33 bcd	19 cdefgh
			45	6.19 a	13.05 a	30.16 bc	72.66 abc	16 efgh

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

In each column means with the same letter are not significantly different at 5% of probability level based on LSD test.

طول شاخه

نتایج تجزیه واریانس سال اول نشان داد که طول شاخه تحت تأثیر اثرات ساده کاربرد کودهای نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک و اثر متقابل کاربرد کودهای نیتروژن و اسید هیومیک و اثر متقابل سولفات پتاسیم و اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۲). در سال دوم آزمایش طول شاخه تنها تحت تأثیر اثرات ساده فاکتورهای آزمایشی (نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک) قرار گرفت (جدول ۲).

اثر متقابل مصرف نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال اول نشان داد که بیش‌ترین طول شاخه از تیمار مصرف توأم کود اوره+۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک نسبت به تیمار شاهد حاصل شد که با تیمار نیترات آمونیوم+۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک در یک سطح آماری قرار داشتند (جدول ۳). اثر متقابل مصرف کود نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال دوم نشان داد که بیش‌ترین طول شاخه از تیمار مصرف کود اوره+۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک حاصل شد که با تیمار مصرف کود نیترات آمونیوم+۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک در یک سطح آماری قرار داشتند (جدول ۳).

وظیفه اصلی نیتروژن تکثیر سلولی، افزایش طول سلول و تمایز سلول است که با تأمین نیتروژن کافی موجب افزایش طول گیاه می‌شود (Salehi, 2006). در این آزمایش نیز استفاده از فرمهای مختلف نیتروژن موجب افزایش طول شاخه پسته شد که با نتایج قاسم نژاد و همکاران (Qasemnejad *et al*., 2008) روی مرکبات مطابقت دارد.

مطالعات زیادی نشان داده‌اند که مواد هیومیکی نه تنها باعث افزایش رشد ریشه، برگ‌ها و اندام هوایی می‌شود؛ بلکه همچنین باعث تحریک جوانه‌زنی در گونه‌های مختلف گیاهی نیز می‌گردد که این امر به‌علت برهمکنش‌ها و اثر مستقیم اسید هیومیک با مراحل فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه بوده است؛ زیرا نفوذپذیری سلول‌ها و سازوکارهای مربوطه طوری تغییر می‌کنند که باعث رشد بیش‌تر گیاه می‌شوند (Nardi *et al*., 2002). آیاس و گالسر (Ayas & Gulser, 2005) گزارش کردند که مصرف خاکی اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن سبب افزایش رشد و ارتفاع می‌شود. هیومیک اسید از راه گسترش شبکهٔ ریشه، افزایش نفوذپذیری غشای یاخته، افزایش ظرفیت جذب عنصرهای غذایی در ریشه و در نهایت بهبود انتقال و جذب عنصرهای غذایی باعث افزایش جذب عنصرهای غذایی و غلظت آن در اندام‌های هوایی گیاه می‌شود (Sharif *et al*., 2002). در پژوهشی کاربرد میزان ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید هیومیک به خاک موجب افزایش قطر و طول ساقه گیاه فلفل شد (Turkmen *et al*., 2005). سجادیان و حکم آبادی (Sajadian & Hokmabadi, 2015) گزارش کردند که تیمار هیومک اسید اثرات مثبتی بر روی رشد ریشه، شاخه و میزان نیتروژن برگ در دانهال‌های پسته رقم بادامی داشته است. به طوری‌که، تیمار هیومیک اسید باعث افزایش ارتفاع، فاصله میانگره‌ها، اندازه ریشه، قطر، وزن تر و خشک ریشه شده است.

پتاسیم عنصر حیاتی برای فعالیت‌های فیزیولوژیکی همچون متابولیسم قند و نشاسته، فتوسنتز، توسعه سلول و در کل رشد نمو گیاه می‌باشد (Zorba *et al*., 2014). بررسی‌ها نشان داده است که پتاسیم نقش تغذیه‌ای مهمی در رشد و تولید گیاه خرما ایفا می‌کند (Al-Kharusi *et al*., 2009).

عملکرد

در سال اول آزمایش تنها اثرات ساده مصرف نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد پسته شدند (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در سال دوم نشان داد که عملکرد پسته تحت تأثیر اثرات ساده مصرف نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۲) اثر متقابل مصرف نیتروژن و سولفات پتاسیم هم در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد پسته معنی دار بود (جدول ۲).

اثر متقابل مصرف نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال اول نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد پسته به مقدار ۱۵/۷۵ کیلوگرم در درخت از تیمار مصرف توأم سولفات آمونیوم+سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم)+اسید هیومیک (۴۵ گرم) نسبت به تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۳). اثر متقابل مصرف نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال دوم نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد پسته به مقدار ۴۳/۰۹ کیلوگرم در درخت از تیمار مصرف توأم اوره+سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم)+اسید هیومیک (۴۵ گرم) نسبت به تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۳).

طی آزمایشی محققین به بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن به صورت سولفات آمونیوم و نیترات کلسیم و نیز پتاسیم به‌صورت چالکود بر میزان محصول، کیفیت میوه و غلظت عناصر برگ پسته رقم فندقی با پایه بادامی ریز پرداخته و اعلام نمودند که کاربرد آمونیوم عملکرد محصول را در مقایسه با نیترات افزایش داد و احتمالاً این موضوع به‌علت افزایش ذخائر نیتروژنی و آهن در گیاه و رفع کلروز برگ‌ها و نیز افزایش میزان کلروفیل بوده است (Mohammadi *et al*., 2013). غفارپور بیشه (Ghaffarpur Bisheh, 2008) در تحقیقات خود نشان داد که مصرف نیتروژن باعث افزایش عملکرد پرتقال تامسون گردید و با افزایش سطوح نیتروژن مصرفی میزان عملکرد میوه افزایش یافت.

اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم درون سلول‌ها و همچنین افزایش میزان کلروفیل، باعث افزایش وزن میوه‌ها می‌شود (Tolner, 2016). محققان (Khaled & Fawy, 2011) همچنین نشان دادند که اسیدهای آلی موجود در اسید هیومیک، کلات کردن بسیاری از عناصر غذایی و قابلیت دسترسی آن‌ها را برای گیاه افزایش می‌دهد. با کاربرد این مواد و اثرات مثبت و تحریک کننده آن بر رشد گیاه (Eyheraguibel *et al*., 2008) و افزایش رشد ریشه و قدرت جذب آن جذب عناصر غذایی و در نتیجه عملکرد به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داده است. در نتایجی مشابه آریابد و همکاران (Aryabod *et al*., 2019) بیشترین عملکرد پسته را از مصرف کود هیوماکس گزارش کردند. همچنین استفاده از کود آلی هیومیک اسید در افزایش عملکرد میوه‌هایی مثل انار (Khattab *et al*., 2012)، هلو و زردآلو (Eissa *et al*., 2007) مؤثر بوده است.

فکری و همکاران (Fekri *et al*., 1999) با کاربرد خاکی نیتروژن و پتاسیم نشان دادند کاربرد هر دو عنصر غذایی نیتروژن و پتاسیم در پسته باعث افزایش عملکرد، درصد دانه‌های خندان، درصد مغز دانه های ناخندان، درشتی دانه‌های خندان، کاهش ریزش جوانه‌های میوه و کاهش سال آوری شده است. همچنین مشخص شده کاربرد خاکی نیترات پتاسیم از اردیبهشت ماه تا مرداد ماه در درختان پسته سبب افزایش وزن و بالا بردن درصد خندانی و افزایش عملکرد شد (Zeng *et al*., 2001) که با نتایج ما همخوانی دارد.

درصد خندانی

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که تنها اثرات ساده کودهای نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک در سال اول بر درصد خندانی پسته معنی‌دار شد (جدول ۲). در سال دوم آزمایش درصد خندانی پسته تحت تأثیر اثرات ساده سولفات پتاسیم و اسید هیومیک قرار گرفت (جدول ۲).

اثر متقابل مصرف نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال اول نشان داد که بیش‌ترین درصد خندانی پسته از تیمار مصرف توأم سولفات آمونیوم+سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم)+اسید هیومیک (۰) نسبت به تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۳). اثر متقابل مصرف نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال دوم نشان داد که بیش‌ترین درصد خندانی پسته از تیمار مصرف توأم سولفات آمونیوم+سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم)+اسید هیومیک (۴۵ گرم) نسبت به تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۳).

محققین دریافتند که بیش‌ترین میزان محصول رقم اوحدی، میزان خندانی و رشد رویشی زمانی حاصل شد که در شرایط دور آبیاری ۳۰ روز مقدار ۱۵۰۰ گرم کود نیتروژنه برای هر درخت در دو نوبت اوایل اسفند و تیر ماه استفاده گردید (Mohammadi Mohammadabadi *et al*., 2010). محمدی و همکاران (Mohammadi *et al*., 2013) نیز بیشترین درصد خندانی پسته رو از مصرف ۴۵۰ گرم سولفات آمونیوم گزارش کردند.

پتاسیم نیز به علت افزایش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به میوه‌ها در افزایش درصد خندانی نقش دارد که با نتایج زنگ و همکاران (Zeng *et al*., 2001) مطابقت دارد. زنگ و همکاران (Zeng *et al*., 2001) در آزمایشی بیان کردند که کاربرد پتاسیم سالانه بیش از ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار محصول پسته را کاهش داد که دلیل این کاهش معلوم نیست ولی کاربرد کمتر از ۲۲۰ کیلوگرم در هکتار درصد خندانی را افزایش داده است. افشاری و همکاران (Afshari *et al*., 2015) بیش‌ترین تعداد پسته‌های خندان را از مصرف هیومکس گزارش کردند. نتایج آزمایش آریابد و همکاران (Aryabod *et al*., 2019) نیز نشان داد که کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش پسته‌های دهن باز شده و خندانی را افزایش داده است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

درصد پوکی

نتایج تجزیه واریانس سال اول نشان داد که فقط اثر ساده کودهای نیتروژن و اسید هیومیک در سطح احتمال پنج درصد و سولفات پتاسیم در سطح احتمال یک درصد بر میزان پوکی پسته معنی‌دار بود (جدول ۲). تجزیه واریانس سال دوم مشخص کرد که تنها اثر ساده کودهای نیتروژن و سولفات پتاسیم در سطح احتمال یک درصد و اسید هیومیک در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۲).

اثر متقابل مصرف نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال اول نشان داد که کم‌ترین درصد پوکی از تیمار مصرف توأم اوره+سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم)+اسید هیومیک (۴۵ گرم) نسبت به تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۳). اثر متقابل مصرف نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال پوکی نشان داد که کم‌ترین درصد پوکی از تیمار مصرف توأم سولفات آمونیوم+سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم)+اسید هیومیک (۴۵ گرم) نسبت به تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۳).

محققین کم‌ترین درصد پوکی پسته را در شرایط دور آبیاری ۴۰ روز و مصرف ۷۵۰ گرم نیتروژن به ازای هر درخت گزارش کردند (Mohammadi *et al*., 2013). در نتایجی مشابه گزارش شده است که کاربرد پتاسیم درصد پوکی میوه را کاهش داد (Davarynejad *et al*., 2009). افشاری و همکاران (Afshari *et al*., 2015) در بررسی اثر انواع مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات کیفی و کمّی پسته دریافتند که هیوماکس باعث کاهش معنی‌دار وزن تر پوست، درصد پسته‌های پوک و تعداد پسته‌های دهن بسته گردید.

کاروتنوئید

تجزیه واریانس سال اول و دوم نشان داد که اثرات ساده کودهای نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک و اثر متقابل کودهای نیتروژن و سولفات پتاسیم، اثر متقابل کودهای نیتروژن و اسید هیومیک، اثر متقابل سولفات پتاسیم و اسید هیومیک و اثر سه گانه کودهای نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک بر میزان کاروتنوئید برگ پسته معنی‌دار شد (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل مصرف نیتروژن+سولفات پتاسیم +اسید هیومیک در سال اول (جدول ۵) نشان داد که بیش‌ترین میزان کاروتنوئید از مصرف توأم نیترات آمونیوم+۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک و در سال دوم (جدول ۵) از مصرف همزمان سولفات آمونیوم+۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک به‌دست آمد.

کاروتنوئیدها از طرق مختلف در فتوسنتز نقش دارند و با مولکول کلروفیل ارتباط مستقیم دارند؛ از جمله این‌که هم در فرآیند انتقال انرژی به کلروفیل و هم در حفاظت نوری و جلوگیری از خسارت اکسیداتیو به کلروفیل نقش ایفا می‌کنند. در شرایط طبیعی نیز به ازای هر ۳ تا ۴ مولکول کلروفیل یک مولکول کاروتنوئید وجود دارد و رابطه مثبتی بین مقدار کلروفیل و کاروتنوئید در بافت فعال فتوسنتزی وجود دارد (Azizi & Yazdani, 2007; Delgado-Pelayo *et al*., 2014; Telfer *et al*., 2008). محتوای بیشتر کلروفیل و کاروتنوئید، توانایی جذب و انتقال انرژی را در گیاه افزایش می‌دهد. گزارش شده

است محتوای کلروفیل a و b و کاروتنوئید در گیاهان تغذیه شده با نیتروژن، به‌خصوص نیتروژن آمونیومی بیش‌تر از نمونه شاهد می‌باشد (Roosta & Schjoerring, 2007).

فرارا و همکاران (Ferrara *et al*., 2008) با انجام پژوهشی گزارش کردند که کاربرد اسید هومیک سبب افزایش رشد ریشه و محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی از جمله کاروتنوئیدها در برگ‌ها می شود. در پژوهشی در گیاه بامیه، کاربرد اسید هیومیک در تیمارهای مختلف شوری، باعث افزایش میزان کلروفیل و کاروتنوئید گردید (Kumari & Sekar, 2008). تیجادا و گونزالز (Tejada & Gonzalez, 2003) بیان نمودند که محلول‌پاشی اسید هیومیک در گیاهان مارچوبه باعث افزایش کلروفیل و کاروتنوئید ساقه‌های خوراکی شد.

گزارش شده است که پتاسیم نیز شاخص محتوای کلروفیل را افزایش می‌دهد که احتمالاً به‌دلیل نقش پتاسیم در جذب مواد غذایی هم‌چون آهن و منیزیم و گوگرد است که در سنتز کلروفیل نقش دارند (Bark & Chein, 1983). برخی محققین افزایش محتوای کلروفیل و کاروتنویید برگ خرما با استفاده از کود سولفات پتاسیم، را به ترکیبات معدنی موجود در آن به‌ویژه گوگرد و نیتروژن و نقش آنها در سنتز این ترکیبات نسبت دادند (Aryakia *et al*., 2017).

کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس حاصل از این آزمایش در سال اول نشان داد که اثرات ساده کودهای نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک، اثر متقابل کودهای نیتروژن و سولفات پتاسیم، اثر متقابل کودهای نیتروژن و اسید هیومیک، اثر سه گانه کودهای نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک بر میزان کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۴). در تجزیه واریانس سال دوم مشخص شد که اثرات ساده کودهای نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک، اثر متقابل کودهای نیتروژن و سولفات پتاسیم، اثر متقابل کودهای نیتروژن و اسید هیومیک بر میزان کلروفیل a معنی‌دار بود (جدول ۴).

اثر متقابل مصرف نیتروژن+پتاسیم+اسیدهیومیک در سال اول نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a به مقدار ۳/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه از مصرف کوده اوره+ سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم)+ اسید هیومیک (۴۵ گرم) نسبت به تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). اثر متقابل مصرف نیتروژن+پتاسیم+اسیدهیومیک در سال دوم نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a به مقدار ۳/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه از مصرف کوده اوره+ سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم)+ اسید هیومیک (۴۵ گرم) نسبت به تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۵).

کلروفیل b

اثر ساده تیمارهای اعمال شده (نیتروژن، سولفات پتاسیم، اسید هیومیک) در سطح احتمال یک درصد بر کلروفیل b در سال اول معنی دار بود. هم‌چنین اثر متقابل کودهای نیتروژن و سولفات پتاسیم و اثر متقابل کودهای نیتروژن و اسید هیومیک در سطح احتمال یک درصد بر این شاخص معنی‌دار بود (جدول ۴). در سال دوم آزمایش تنها اثرات ساده فاکتورهای آزمایشی (نیتروژن، سولفات پتاسیم، اسید هیومیک) بر صفت مذکور معنی‌دار بود (جدول ۴).

اثر متقابل مصرف کود نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال اول نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل b به مقدار ۴/۹۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه از مصرف توأم اوره +۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک نسبت به تیمار شاهد حاصل شد که با تیمار نیترات آمونیوم+۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). اثر متقابل مصرف کود نیتروژن+سولفات پتاسیم+اسید هیومیک در سال دوم نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل b به مقدار ۴/۴۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه از مصرف توأم اوره +۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک نسبت به تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۵).

کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس حاصل از این آزمایش در سال اول نشان داد که اثرات ساده کودهای نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک، اثر متقابل کودهای نیتروژن و سولفات پتاسیم، اثر متقابل کودهای نیتروژن و اسید هیومیک، اثر سه گانه کودهای نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۴). در تجزیه واریانس سال دوم مشخص شد که اثرات ساده کودهای نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک، اثر متقابل کودهای نیتروژن و اسید هیومیک بر میزان کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۴).

بیش‌ترین میزان کلروفیل کل در سال اول به‌طور معنی‌دار از مصرف اوره+۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک به میزان ۸/۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه نسبت به تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۵). در سال دوم بیش‌ترین میزان کلروفیل کل به مقدار ۸/۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه از تیمار مصرف توأم کود اوره+۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول ٤- تجزیه واریانس مختلف نیتروژن، سولفات پتاسیم و اسید هیومیک رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ پسته تحت تأثیر تیمارهای مختلف در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

Table 4- ANOVA for photosynthesis pigmants leaf pistachio under the influence of different treatments in 2019 and 2020

سال Year	منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean squares کاروتنوئید Carotenoid	کلروفیل a Clorophyll a	کلروفیل b Clorophyll b	کلروفیل کل clorophyll Total
1398 2019	بلوک Block	2	0.006^{ns}	0.15^{ns}	0.19^{ns}	0.68**
	نیتروژن Nitrogen (N)	3	2.34**	1.11**	1.74**	5.63**
	سولفات پتاسیم Potasium Sulfate (S)	1	11.60**	8.44**	14.59**	45.26**
	اسید هیومیک Humic acid (H)	1	8.45**	3.51**	5.90**	18.53**
	N×S	3	0.66**	0.50**	0.76**	2.42**
	N×H	3	0.23**	1.16**	1.22**	4.32**
	S×H	1	0.54**	0.08^{ns}	0.30^{ns}	0.06^{ns}
	N×S×H	3	0.20**	0.18*	0.23^{ns}	0.81**
	خطا Error	30	0.01	0.05	0.11ns	0.14
	ضریب تغییرات C.V (%)	-	5.11	10.99	10.66	7.23
1399 2020	بلوک Block	2	0.001ns	0.27ns	0.65 *	1.77**
	نیتروژن Nitrogen (N)	3	1.97**	1.50**	0.73**	4.23**
	سولفات پتاسیم Potasium Sulfate (S)	1	9.17**	6.68**	7.52**	28.33**
	اسید هیومیک Humic acid (H)	1	8.14**	8.91**	3.76**	24.28**
	N×S	3	0.56**	0.48**	0.11^{ns}	0.73 ^{ns}
	N×H	3	0.55**	0.60**	0.42^{ns}	1.52**
	S×H	1	0.02*	0.07^{ns}	0.01^{ns}	0.15^{ns}
	N×S×H	3	0.12**	0.18^{ns}	0.17^{ns}	0.60^{ns}
	خطا Error	30	0.006	0.12	0.15	0.29
	ضریب تغییرات C.V (%)	-	3.25	15.29	11.63	9.68

**و*: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ^{ns} عدم معنی‌داری

** and *: Significant at 1% and 5% of probability levels, respectively, and ^{ns}: Non-significant

در اثر شرکت فعال نیتروژن در ساختمان کلروفیل و اسیدهای آمینه، میزان کلروفیل در گیاهان تحت تیمار نیتروژن افزایش می‌یابد، از سوی دیگر تبدیل آمونیاک در چرخه گلوتامین سنتاز و گلوتامات سنتاز میزان کلروفیل را به سرعت بالا می‌برد (Harbone & Dey, 1997). نتایج محققین نشان داد که بیشترین رنگدانه‌های فتوسنتزی کاروتنوئید و کلروفیل (a و کل) خرما از اثر متقابل کودهای سولفات آمونیوم و سولفات پتاسیم همراه با کود دامی، به‌دست آمد که علت آن را فراهمی عناصر نیتروژن، گوگرد و پتاسیم کودهای مذکور دانستند (Aryakia *et al.*, 2017).

پتاسیم در حرکت روزنه‌ها نقش دارد. افزایش غلظت پتاسیم در سلول‌های روزنه باعث جذب آب از سلول‌های پیرامون شده و به‌همراه آن افزایش فشار تورژسانس سلول‌های روزنه، به باز شدن روزنه‌ها منجر می‌شود و تبادلات گازی بیش‌تر انجام شده و فتوسنتز بیش‌تر می‌شود (Marschner, 1995). گزارش ها نشان می‌دهد در بسیاری از گیاهان زراعی کاربرد پتاسیم سبب افزایش میزان سبزینهٔ برگ می شود (Obreza, 2003; Taber, 2006). همچنین کاربرد پتاسیم در سیب‌زمینی سبب افزایش میزان رشد (شمار برگ و شاخه) و غلظت سبزینهٔ a شد (Dkhil *et al.*, 2011).

جدول ۵- اثر متقابل مصرف ازت × سولفات پتاسیم × اسید هیومیک بر رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ پسته در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹

Table 5- Interaction effects of Nitrogen × Pottasium sulfate × Humic acid on photosynthetic pigments leaf of pistachio in years 2019 and 2020

سال Years	انواع کود نیتروژنه Nitrogen forms	سولفات پتاسیم Potassium sulfate (g)	اسید هیومیک Humic acide (g)	کاروتنوئید Carotenoid (mg.g FW^{-1})	کلروفیل a Clorophyll a (mg.g FW^{-1})	کلروفیل b Clorophyll b (mg.gFW^{-1})	کلروفیل کل Clorophyll Total (mg.g FW^{-1})
1398 2019	شاهد Control	0	0	0.75 k	0.82 j	1.85 i	2.66 l
			45	1.81 i	1.58 hi	2.1 hi	3.69 jk
		250	0	1.87 hi	2.08 defg	3.18 de	5.26 fgh
			45	2.45 f	2.23 cdef	3.1 def	5.33 efg
	اوره Urea	0	0	0.87 k	1.19 ij	2.21 hi	3.4 k
			45	2.66 e	2.43 bcd	3.31 cde	5.74 ef
		250	0	2.55 ef	2.02 efg	2.83 efg	4.86 gh
			45	3.19 bc	3.6 a	4.91 a	8.52 a
	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	0	0	2.11 g	1.84 fgh	2.82 efg	4.67 hi
			45	2.95 d	2.51 bc	3.42 bcd	5.93 de
		250	0	2.57 ef	2.37 cde	3.22 cde	5.59 ef
			45	3.31 b	2.46 bcd	3.93 b	6.39 cd
	نیترات آمونیوم Nitrate ammonum	0	0	1.51 j	1.74 gh	2.35 ghi	4.09 ij
			45	2.04 gh	1.58 hi	2.56 fgh	4.14 ij
		250	0	3.05 cd	2.81 b	3.76 bc	6.58 c
			45	3.59 a	2.82 b	4.5 a	7.32 b
1399 2020	شاهد control	0	0	1.12 k	1.09 i	2.14 h	3.23 j
			45	2.16 fg	1.52 ghi	2.89 fg	4.42 hi
		250	0	1.72 i	2.01 efg	3.41 cdef	5.42 efg
			45	2.27 f	2.42 cde	3.67 bcde	6.09 de
	اوره Urea	0	0	1.28 j	1.39 hi	2.49 gh	3.88 ij
			45	2.81 d	2.64 bcd	3.53 bcdef	6.18 cde
		250	0	2.1 g	2.23 def	3.34 def	5.56 defg
			45	3.36 b	3.81 a	4.41 a	8.23 a
	سولفات آمونیوم Ammonium sulfate	0	0	1.88 h	1.82 fgh	3.2 ef	5.02 gh
			45	2.4 e	3.05 b	3.31 def	6.37 cd
		250	0	2.76 d	2.17 def	3.88 abcd	6.06 def
			45	3.75 a	2.98 bc	4.05 abc	7.03 bc
	نیترات آمونیوم Nitrate ammonum	0	0	1.79 hi	1.71 fgh	3.05 efg	4.76 ghi
			45	2.18 fg	1.91 efgh	3.24 def	5.15 fgh
		250	0	3.17 c	2.26 def	3.27 def	5.53 defg
			45	3.48 b	3.22 b	4.15 ab	7.37 ab

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیستند.

In each column means with the same letter are not significantly different at 5% of probability level based on LSD test.

اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود و به دنبال آن رنگدانه‌ها افزایش می یابند (Delfine *et al*., 2005). افزایش میزان کلروفیل در اثر کاربرد اسید هیومیک را نیز می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه نسبت داد. در بین عناصر غذایی، نیتروژن سهم مهمی در افزایش کلروفیل گیاه دارد. می‌توان چنین بیان کرد که اسیدهیومیک باعث جذب عناصر و به‌دنبال آن افزایش کلروفیل گیاه شود. عملکردهای دیگر اسید هیومیک مانند افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، جذب اکسیژن، تنفس، فوتسنتز، جذب فسفات و افزایش طول ریشه نیز از دلایل احتمالی دیگر افزایش کلروفیل هستند (Al-Ahli *et al*., 2016; Asri *et al*., 2015). در تحقیقی استفاده از اسید هیومیک منجر به افزایش رشد ساقه و افزایش محتوی کلروفیل برگ انگور شد (Ferrara *et al*., 2008). شبان و همکاران (Shaaban *et al*., 2015) گزارش کردند که محلول‌پاشی عصاره مخمر و هیومیک اسید بر روی هلو رقم کنیو (canino) باعث افزایش شاخص‌های رشدی مانند کلروفیل کل، سطح برگ، تعداد برگ، غلظت عناصر غذایی برگ شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش دو ساله تأثیر کاربرد انواع کودهای نیتروژنه و سولفات پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد، عملکرد و رنگدانه‌های فتوسنتزی پسته نشان داد که تیمارهای کودی بر اکثر صفات به‌صورت ساده یا ترکیبی اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند و باعث بهبود صفات مورد اندازه گیری شدند به‌طوری‌که بیش‌ترین شاخص‌های رشد (طول و قطر شاخه)، عملکرد (عملکرد و خندانی) و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل

a، b و کل) از مصرف توأم اوره+۲۵۰ گرم سولفات پتاسیم+۴۵ گرم اسید هیومیک نسبت به شاهد حاصل شد. با توجه به یافته‌های این پژوهش، به‌نظر می‌رسد که استفاده همزمان از مصرف کود نیتروژن+سولفات پتاسیم (۲۵۰ گرم)+اسید هیومیک (۴۵ گرم) می‌تواند برای بهبود بخشیدن به صفات رشدی و عملکرد پسته مد نظر قرار گیرد.

References

1. Afshari, H., Pourali, M., Sajedi, P., & Hakmabadi, H. (2015). Investigation of the effect of different types of humic acid on quantitative and qualitative characteristics of pistachio cultivar Abbas Ali. *Journal of Plant Environmental Physiology*, *10*(37), 72-83. (In Persian)
2. Al-Ahli, H.S., Gendy, A.G., & Omer, E. (2016). Humic acid and indole acetic acid affect yield and essential oil of dill grown under two different locations in Egypt. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, *8*(8), 146-157.
3. Al-Kharusi, L.M., Elmardi, M.O., Ali, A., Al-Julanda, F., Al-Said, L., Abdelbasit, K., & Al-Rawahy, S. (2009). Effect of mineral and organic fertilizers on the chemical characteristics and quality of date fruit. *International Journal of Agriculture and Biology*, *11*, 290-296.
4. Arnon, A.N. (1967). Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, *23*, 112-121.
5. Aryabod, S., RazaviNasab, A., Bashi, H., & Nadaf, F. (2019). *Effect of different types of humic acid (Foreign and domestic) on yield performance components of pistachio on field condition*. 16th Iranian soil science congress. university of zanjan, iran, Augast 27-29, 2019.
6. Aryakia, E., Roosta, H.R., & Rahmizade, N. (2017). Effects of cow manure, ammonium sulfate and potassium sulfate on physico-chemical indices of fruit and leaf of Mazafati Date (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of Horticultural Science*, *31*(3), 457-468. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V31I3.36474
7. Asik, B.B., Turan, M.A., Celik, H., & Katkat, A.V. (2009). Effect of humic substances to dry weigth and mineral nutrients uptake of wheat on saline soil conditions. *Asian Journal of Crop Science*, *1*(2), 87-95. https://doi.org/10.3923/ajcs.2009.87.95
8. Asri, F.O., Ari, N., & Demirtas, E.I. (2015). Change in fruit yield, quality and nutrient concentration in response to soil humic acid applications in processing tomato. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *21*(3), 585-591.
9. Ayas, H., & Gulser, F. (2005). The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *Journal of Biological Sciences*, *5*(6), 801-804.
10. Azarmi-Atajan, F., & Sayyari-Zohan, M.H. (2022). Effect of phospjate solubilizing bacteria and triple superphosphate on the growth, physiological paremeters and phosphorus uptake of pistachio seedlings. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, *5*(1), 69-78. https://doi:10.22077/jhpr.2022.4917.1260
11. Azizi, J., & Yazdani, S. (2007). Investigation stability income of export date of Iran. *Journal of Agricultural Sciences*, *13*(1), 1-17.
12. Bark, P., & Chein, Y. (1983). Effect of potassium fertilization on iron deficiency. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *14*, 945-950.
13. Beede, B. (2003). Pistachio fertilization In orchard task list for pistachio, July- August 2003. Cooperative Extension. Univercity of California. USA.
14. Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *168*, 521-530. https://doi.org/10.1002/jpln.200420485
15. Davarynejad, G.H., Azizi, M., & Akheratee, M. (2009). Effect of foliar nutrition on quality, quantity and of alternate bearing of Pistachio (*Pistacia vera* L.). *Journal of Horticultural Sciences*, *23*(2), 1-10. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhorts4.v1388i2.2562
16. Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., & Alvino, A. (2005). Effect of foliar derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology*, *99*(10), 4206-4212.
17. Delgado-Pelayo, R., Gallardo-Guerrero, L., & Hornero-Méndez, D. (2014). Chlorophyll and carotenoid pigments in the peel and flesh of commercial apple fruit varieties. *Food Research International*, *65*, 272-281. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.025
18. Dkhil, B.B., Denden, M., & Aboud, S. (2011). Foliar potassium fertilization and its effect on growth, yield and quality of potato grown under loam-sandy soil and semi-arid conditions. *International Journal of Agricultural Research*, *6*, 593-600. https://doi.org/10.3923/ijar.2011.593.600
19. Eissa, F.M., Fathi, M.A., & El-Shall, S.A. (2007). Response of peach and apricot seedlings to humic acid treatment under salinity condition. *Mansoura University Journal of Agricultural Sciences*, *32*, 3605–3620. https://doi.org/10.21608/JPP.2007.208147

20. Eyheraguibel, B., Silvestre, J., & Morard, P. (2008). Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology*, *99*, 4206–4212. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.082
21. Fekri, M., Kalbasi, M., & Malakouti, M.J. (1999). *Investigation of the effects of nitrogen and potassium treatments on the status of these nutrients in leaves, quality, yield and leaf fall of pistachio trees*. Sixth Iranian Soil Science Congress, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad.
22. Ferrara, G., Pacifico, A., Simeone, P., & Ferrara, E. (2008). Preliminary study on the effects of foliar applications of humic acids on 'Italia' table grape. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, 42, 79-87.
23. Ghaffarpur Bisheh, A. (2008). *Investigation of the effect of consumption method and different amounts of nitrogen and sulfur on the yield and quality of Thomson oranges*. Master Thesis, Horticulture, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Abhar Branch. (In Persian with English abstract)
24. Gholami, H., Saharkhiz, M.J., Raouf Fard, F., Ghan, A., & Nadaf, F. (2018). Humic acid and vermicompost increased bioactive components, antioxidant activity and herb yield of Chicory (*Cichorium intybus* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 1-33. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.03.021
25. Guelser, F. (2005). Effects of ammonium sulfate andurea on NO^{-3} and NO^{-2} accumulation, nutrient contents and yield criteria in spinach. *Scientia Horticulturae*, *106*, 330-340. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.05.007
26. Haggag, N.S., Liala, F., Mustafa, M.F.M., Shahin Hassan, H.S.A., Fikria, H., & Amira, A. (2015). Effect of NPK, humic acid, vinasse and soyabean amino acid on growth performance and mineral content of fig "White Adci" seedlings. *Middle East Journal of Agriculture Research*, *04*, 914-918.
27. Harbone, J.B., & Dey, P.M. (1997). *Plant biochemistry*. Academic Press, New York. 530 p.
28. Khaled, H., & Fawy, H.A. (2011). Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth and soil properties under conditions of salinity. *Soil and Water Research*, *6*, 21-29. https://doi.org/10.17221/4/2010-SWR
29. Khattab, M., Shaban, A., El-Shrief, H.A., & El-Deen-Mohamed, A. (2012). Effect of humic acid and amino acids on Pomegranate trees under deficit irrigation. I: growth, flowering and fruiting. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, *4*, 253-259. https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2014.14.09.12409
30. Kumari, P.M., & Sekar, K. (2008). Effect of plant growth regulators on chlorophyll and carotenoid content of salinity stressed okra seedling. *Asian Journal of Horticulture*, *3*(1), 54-55.
31. Malakouti, M.J., & Torabi, V.M. (1999). Correct fertilization in pistachio orchards. (Technical report, No. 73). *Ministry of Agriculture*, P, 27. (In Persian)
32. Marschner, H. (1995). *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic Press, San Diego.
33. Marschner, P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. 3rd edition, Academic Press, London.
34. Mohammadi Mohammadabadi, A., Alipour, H., & Ghaffari Mowaffaq, F. (2010). The effect of different levels of nitrogen and irrigation cycle on quantitative and qualitative traits of pistachios in Kerman region. *Journal of Plant Production Research*, *19*(1), 17-42. (In Persian)
35. Mohammadi, Z., Rusta, H.R., Tajabadipour, A., & Hakmabadi, H. (2013). The effect of nitrogen, organic fertilizer, potassium and iron on yield, fruit quality and concentration of leaf nutrients in pistachio hazelnut cultivar grafted on the basis of fine almonds. *Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Industries)*, *27*(2), 117-129. (In Persian). https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V0I0.24806
36. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., & Vianello, A. (2002). Physiological effects of application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable*, *25*, 183-191.
37. Nasuti Miandoab, R., Samavat, S., & Tehrani, M. (2011). Properties of humic acid fertilizer on plants and soil. *Journal of Agriculture and Food*, *101*, 53-55.
38. Obreza, T.A. (2003). Importance of potassium in a Florida citrus nutrition program. *Better Crops*, *87*(1), 19-22.
39. Pettit, R.E. (2004). Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health. *CTI Research*, *10*, 1-7.
40. Qasemnejad, M., Zamani, Z.A, Thaabaghi, G.R., & Ebrahimi, Y. (2008). The effect of type and amount of nitrogen on the growth and composition of mineral elements of citrus tripod leaves. *Research and Construction in Agriculture and Horticulture*, *174*, 81-170. (In Persian)
41. Razavi Nasab, A., Fotovat, A., Astaraei, A.R., & Tajabadipour, A. (2017). The effect of organic, chemical and humic acid modifiers on some morphophysiological characteristics of pistachio seedlings in field conditions. *Agricultural Engineering (Journal of Agricultural Science)*, *40*(1), 107-124. https://doi.org/10.1080/00103624.2018.1559328
42. Roosta, H.R., & Schjoerring, J.K. (2007). Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber plants. *Journal of Plant Nutrition*, *30*, 1933-1951. https://doi.org/10.1080/01904160701629211
43. Roosta, H.R., Sajjadinia, A., Rahimi A., & Schjoerring, J.K. (2009). Responses of cucumber plant to NH_4+ and NO_3- nutrition: the relative addition rate technique vs. cultivation at constant nitrogen concentration. *Scientia Horticulturae*, *121*, 397-403. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.03.004

44. Sajadian, H., & Hokmabadi, H. (2015). Effects of humic acid on root and shoot growth and leaf nutrient contents in seedlings of *Pistacia vera* cv. Badami-Riz-Zarand. *Journal of Nuts*, *6*(2), 123-130. https://doi.org/10.22034/JON.2015.516320
45. Salehi, F. (2006). *Soil recognition and nutrition of pistachio trees*. Pistachio Research Institute, Rafsanjan. 101 p.
46. Sedaghati, N., Sheibani Tazraji, Z., Tajabadipour Hokmabadi, A.H., Haghdel, M., & Abdollahi Ezatabadi, M. (2009). *Pistachio Production Guide, Publications of Pistachio Research Institute*. Rafsanjan. Iran. 562.PP. (In Persian)
47. Shaaban, F.K., Morsey, M.M., & Mahmoud, T.S.H.M. (2015). Influence of spraying yeast extract and humic acid on fruit maturity stage of canino apricot fruits. *International Journal of Chemistry Technology Research*, *8*(6), 530-543.
48. Sharif, M., Khattak, R.A., & Sarir, M.S. (2002). Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Communication in Soil Science and Plant Analaysis*, *33*, 3567-3580. https://doi.org/10.1081/CSS-120015906
49. Tabatabaei, J. (2014). *Principles of mineral nutrition of plants*. Tabriz University Press.
50. Taber, H.G. (2006). Potassium application and leaf sufficiently level for fresh market tomatoes grown on a midwestem united states fine-textured soil. *Hort Technology*, *16*(2), 247-252.
51. Tavakoli, M., & Pak Kish, Z. (2015). The role of potassium nitrate on increasing the quality characteristics of pistachio fruit (*Pistacia vera* L.) of Ouhadi cultivar. *National Conference on New and Harvesting Technologies of Agricultural Products*.
52. Tejada, M., & Gonzalez, J.L. (2003). Influence of foliar fertilization with amino acids and humic acids on productivity and quality of asparargus. *Biological Agriculture and Horticulture*, *21*(3), 277-291. https://doi.org/10.1080/01448765.2003.9755270
53. Telfer, A., Pascal, A., & Gall, A. (2008). *Carotenoids in photosynthesis*. p. 265-308. In: G. Britton et al., (eds). Carotenoids: natural fucntions, vol. 4. Basel, Switzerland; Boston.
54. Tolner, L., Sandor, F., & Fuleky, G. (2016). Humic substances applications impact quality and yield of commercially-produced pomegranate saplings nangarhar, Afghanistan. *Journal of Agricultural Enviromental Sciences*, *2*(2), 159-167. https://doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2015.2.2.59
55. Turkmen, O., Demir, S., Sensoy, S., & Dursun, A. (2005). Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. *Journal of Biological Science*, *5*, 568-574. https://doi.org/10.3923/jbs.2005.568.574
56. Van Beusichem, M.L., Kirkby, E.A., & Bass, R. (1988). Influence of nitrate and ammonium nutrition on the uptake, assimilation and distribution of nutrients in *Ricinus communis*. *Plant Physiology*, *86*, 914-921. https://doi.org/10.1104/pp.86.3.914
57. Zeng, D.Q., Brown, P.H., & Holtz, B.A. (2001). Potassium fertilization affects soil K, leaf K concentration, and nut yield and quality of mature pistachio trees. *Hort Science*, *36*, 85-89. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.36.1.85
58. Zeng, D.Q., Brown, P.H., & Rosecrance, R. (1997). *The effects of alternate bearing, soil moisture and gypsum on potassium nutrition of pistachio* (*Pistacia vera*). Proceeding of ll lint, l symposium On pistachio and almond. United States.
59. Zorba, C., Senbayram, M., & Peiter, E. (2014). Potassium in agriculture–Status and perspectives. *Journal of Plant Physiology*, *171*, 656–669. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.08.008